

2. Колобов, Г. А. Сбор и обработка вторичного сырья цветных металлов / Г. А. Колобов, В. Н. Бредихин, В. М. Чернобаев. – М.: Металлургия, 1993. – 288 с.

3. Коняев, А. Ю. Электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем: основы теории и расчета / А. Ю. Коняев, И. А. Коняев, С. Л. Назаров, Н. Е. Маркин. – Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2012. – 104 с.

4. Коняев, И. А. Сепарация металлов из твердых отходов / И. А. Коняев, Н. Е. Маркин, В. Н. Удинцев, А. Ю. Коняев / Экология и промышленность России. – 2006. – № 12. – С. 8–11.

5. Коняев, А. Ю. Переработка электронного лома: применение электродинамических сепараторов / А. Ю. Коняев, С. Л. Назаров, Р. О. Казанцев и др. // Твердые бытовые отходы. – 2014. – № 2. С. 26–30.

И. А. Коняев, Р. Ф. Талипов, Н. С. Якушев,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СЕПАРАТОРЫ С ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТОЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИКИ

Preliminary extraction of non-ferrous metallic particles from solid wastes is one of the obligatory conditions in the various technological processes of recycling solid wastes of manufacture and consumption. The technological receptions of extraction of metals from a crowbar and wastes of radio electronic and electric apparatus are considered. The research results of rotating type electrodynamic separator with rare earth permanent magnets for the disintegrated electronic scrap treatment are presented.

Одним из важнейших направлений энерго- и ресурсосбережения, позволяющим одновременно решать природоохранные задачи, является утилизация твердых металлосодержащих отходов. Извлечение металлов из таких отходов позволяет получить относительно дешевое сырье для вторичной металлургии и создает предпосылки для полезного использования остальных компонентов отходов. Наиболее быстрорастущей составляющей твердых отходов, содержащих цветные металлы, являются отходы электро- и радиотехники: электронный лом (отслужившие свой срок компьютеры,

телефоны, радиотехнические изделия, электронные блоки электротехнических установок); кабельный и проводниковый лом; отходы производства электро- и радиотехнических изделий; отходы электролампового производства и т. д. Такие отходы представляют собой многокомпонентные смеси различных металлов (медь, алюминий, железо, золото, серебро и др.) и изоляционных материалов (пластмассы, резина, стекло, керамика) [1–4].

Отходы электро- и радиотехники характеризуются тем, что в большинстве случаев материалы содержатся в них в виде сростков. Поэтому на первой стадии переработки необходимо дробление и измельчения отходов для раскрытия отдельных материалов с последующим разделением их на фракции. Процессы дробления, измельчения, классификации и обогащения электронного лома обеспечивают возможность получения качественного вторичного сырья, но являются дорогостоящими. Поэтому от их совершенствования зависит решение проблемы утилизации электронного лома в целом.

При создании технологий переработки отходов целесообразно использовать опыт обработки материалов, накопленный в горно-обогатительной отрасли и в производстве строительных материалов. Например, в [5] описан комплекс по механической обработке радиоэлектронного лома, включающий молотковые дробилки, вибрационные грохоты и каскадно-гравитационные классификаторы. Комплекс позволяет обрабатывать радиоэлектронные блоки с навесным монтажом печатных плат, с корпусными элементами, содержащими, в том числе, и стальные детали. На выходе комплекса получают коллективные концентраты материалов, систематизированные по крупности входящих в них частиц, что облегчает последующую переработку, основной задачей которой является отделение металлов от изоляции.

Для удаления ферромагнитных частиц (железо, никель, ферриты) широко используются серийно выпускаемые магнитные сепараторы. Для извлечения частиц цветных металлов целесообразно применять электродинамические сепараторы, позволяющие не только отделить металлы от изоляционных материалов, но и получить селективные концентраты цветных металлов.

Например, в [6] описан электродинамический сепаратор на основе двухсторонних линейных индукторов с подачей сепарируемых материалов по наклонной плоскости. Сепаратор предназначен для обработки крупной фракции электронного лома (с размерами частиц от 10 до 20 мм), полученной после дробления лома и сортировки его по крупности с целью отделения алюминия от медных сплавов и изоляции. При этом частицы алюминиевых сплавов перемещались за разделитель потока, частицы медных сплавов не доходили до него, а прочие материалы (прежде всего, изоляция) двигались по линии подачи без отклонения. На рис. 1 показаны зависимости удельных электромагнитных усилий, равных отношению усилия к массе извлекаемой частицы ($F_m = F_{эм}/m$, Н/кг или $м/с^2$), от размера частиц b . При установке разделителя потока на расстоянии 100 мм от линии подачи удельное электромагнитное усилие, требуемое для выведения частиц за разделитель, составляет около 12 Н/кг. Как видно на рис. 1, в указанном диапазоне размеров за разделитель выносятся все частицы алюминиевых сплавов (кривая 1), крупные частицы проводниковой меди (кривая 2), а частицы медных сплавов (кривая 3) не извлекаются. Испытания описанного сепаратора показали, что степень извлечения алюминиевых сплавов из электронного лома достигала 90–95 % при содержании алюминия в концентрате 80–85 % [6].

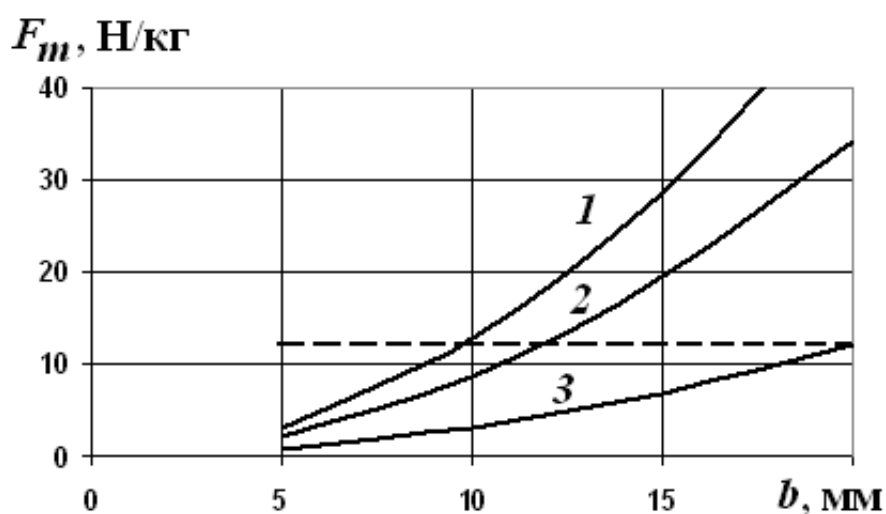


Рис. 1. Характеристики сепаратора на основе линейного индуктора для извлечения алюминия из электронного лома

Как видно на рис. 1, при размерах проводящих частиц менее 10 мм удельное электромагнитное усилие существенно снижается и сепарации материалов не происходит. В то же время обработка фракций электронного лома в диапазонах крупности +5–10 мм и менее 5 мм является наиболее востребованной, поскольку последние поколения электронной техники содержат все меньше крупных деталей.

Как показывают исследования (например, [6]), для сепарации измельченных отходов в указанных диапазонах крупности требуется повышение частоты бегущего магнитного поля до нескольких сотен герц и килогерц. При этом могут применяться электродинамические сепараторы с вращающимся магнитным полем, которое возбуждается индукторами на основе постоянных магнитов или электромагнитов. За счет увеличения скорости вращения ротора могут быть достигнуты частоты магнитного поля до 500–800 Гц. Схематично такой сепаратор с индуктором, встроенным в шкив конвейера, показан на рис. 2, а.

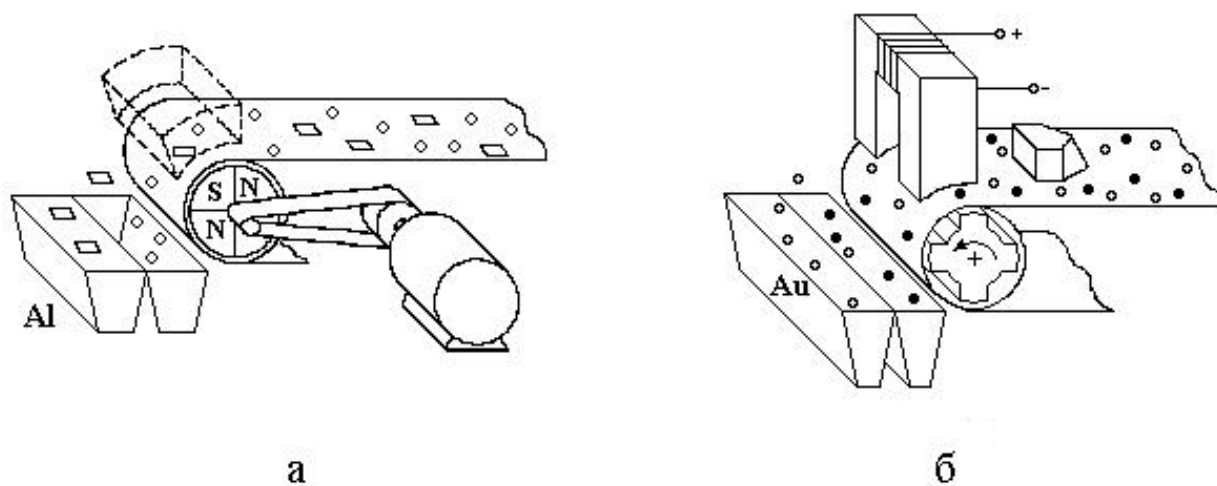


Рис. 2. Электродинамические сепараторы с повышенной частотой магнитного поля: с вращающимися магнитами (а), с модуляцией магнитного поля (б)

Для получения бегущего магнитного поля с частотой несколько кГц целесообразно использование электродинамических сепараторов индукторного типа с модуляцией магнитного потока. Один из вариантов такого сепаратора схематично показан на рис. 2, б.

В воздушном зазоре между магнитопроводом индуктора и зубчатым ротором, в который подается сепарируемый материал, модулируется бегущее магнитное поле. При значении такого зазора $\delta=5$ мм, позволяющем пропускать через активную зону частицы с крупностью до 3 мм, достигаются следующие параметры бегущего поля: амплитуда индукции $B_m=0,1$ Тл; полюсное деление $\tau=9,4$ мм; частота $f=500-2500$ Гц.

Для указанных выше параметров бегущего магнитного поля были выполнены расчеты удельных электромагнитных усилий извлечения F_m для частиц из алюминиевых сплавов (удельная электропроводность $\gamma=20 \times 10^6$ См/м; плотность $\rho=2,7$ кг/дм³) и латуни ($\gamma=20 \times 10^6$ См/м; $\rho=8,7$ кг/дм³). Результаты таких расчетов для частиц крупностью 0,5; 1,0 и 2,0 мм, составляющих одну из фракций измельченного электронного лома, показаны в таблице.

Таблица

Зависимость достигаемого удельного усилия от частоты поля и размера
алюминиевых (числитель) и латунных (знаменатель) частиц

f, Гц	500	1000	1500	2000	2500
$F_{m(0,5)}$, Н/кг	0,31/0,097	0,62/0,193	0,94/0,290	1,25/0,387	1,56/0,484
$F_{m(1,0)}$, Н/кг	1,25/0,39	2,49/0,77	3,74/1,16	4,99/1,55	6,23/1,93
$F_{m(2,0)}$, Н/кг	4,99/1,55	9,97/3,09	14,95/4,64	19,91/6,18	24,86/7,72

Как видно из таблицы, приемлемые значения электромагнитных усилий при крупности частиц 2 мм и более достигаются уже при частоте 500 Гц, достигаемой в сепараторах первого типа (с вращающимися магнитами). При меньшей крупности частиц предпочтителен сепаратор индукторного типа, позволяющий получать частоты поля на уровне 1500–2500 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шубов, Л. Я. Технология отходов / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник – М.: Альфа-М, Инфра-М, 2011. – 352 с.

2. Цыпин, Е. Ф. О переработке электронного лома и отходов // Известия вузов. Горный журнал. – 1997. – № 11–12. – С. 233–239.
3. Карпов, Ю. А. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы / под ред. Ю. А. Карпова. – М.: Гиналмаззолото, 1996. – 290 с.
4. Медведев, А. Утилизация продуктов производства электроники / А. Медведев, С. Арсентьев // Компоненты и технологии. – 2008. – № 10. – С. 153–159.
5. Дистанов, А. А. Комплекс для переработки радиоэлектронного лома / А. А. Дистанов, В. В. Воскобойников // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 5. – С. 3–7.
6. Воскобойников, В. В. Переработка электронного лома: применение электродинамических сепараторов / В. В. Воскобойников, А. А. Дистанов, А. Ю. Коняев, С. Л. Назаров, Н. С. Якушев // Твердые бытовые отходы. – 2014. – № 2. – С. 26–30.

А. Р. Кудеева,
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ПРОБЛЕМА ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ

This article is devoted to the problem of processing oil sludge in Russia. Here reasons of formation of this type of industrial wastes, the main methods of its processing, and also all obstacles to its effective recycling are considered.

Россия сегодня является одной из ведущих стран по добыче и переработке нефти и нефтепродуктов. Но вместе с ростом добычи нефти, увеличением объемов ее переработки и транспортировки обостряются проблемы утилизации постоянно увеличивающихся нефтяных загрязнений и других токсичных отходов. Почему решение таких проблем важно для мирового сообщества? Главная причина тому – нефтеперерабатывающие заводы и предприятия наносят огромный ущерб окружающей среде и тем самым нарушают экологическую